

Kandungan dan Sumber Asal Senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) dalam Sedimen di Perairan Pakis Jaya, Kabupaten Karawang

The Content and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) in The Sediment in Pakis Jaya Waters, Karawang Regency

Edward

Pusat Penelitian Oseanografi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2O-LIPI)
Jln. Pasir Putih 1, Ancol Timur, Jakarta. Tel/fax:021-64715038, 021-64711848
E-mail korespondensi: ekewe07@gmail.com

Abstak

Perairan Pakis Jaya terletak di Kabupaten Karawang, Jawa Barat, merupakan perairan yang banyak menerima masukan limbah melalui DAS Citarum yang berasal dari aktivitas manusia. Limbah mengandung berbagai macam senyawa kimia yang bersifat toksik terhadap biota laut. Salah satunya adalah senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar dan sumber asal senyawa PAH dalam sedimen di Perairan Pakis Jaya. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2014. Contoh sedimen diambil dengan menggunakan alat pengambil contoh sedimen (*Grab sampler*) pada 6 stasiun penelitian. Kadar senyawa PAH ditentukan dengan menggunakan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), dan sumber asal PAH dengan metode diagnosa rasio individu PAH. Hasilnya menunjukkan kadar PAH dalam sedimen di perairan Pakis Jaya berkisar 0,113-0,862 ppm dengan rerata 0,370 ppm, kadar ini masih sesuai dengan nilai ambang batas aman untuk kehidupan biota laut. Jenis PAH di perairan ini didominasi oleh PAH dengan berat molekul tinggi. Hasil analisis diagnosa rasio individu PAH menunjukkan bahwa PAH dalam sedimen di Perairan Pakis Jaya berasal dari berbagai sumber yakni tumpahan minyak bumi, pembakaran bahan bakar minyak dan pembakaran bahan organik. Untuk mengantisipasi dan mencegah terjadinya pencemaran PAH di Perairan Pakis Jaya, perlu dilakukan efisiensi penggunaan bahan bakar minyak, mengurangi tumpahan bahan bakar minyak, mengurangi pembakaran bahan bakar minyak dan bahan organik serta menerapkan peraturan perundang-undangan dan pemberian sanksi terhadap pelaku pencemaran.

Kata kunci: Pakis Jaya, Sedimen, PAH

Abstract

Pakis Jaya waters laid in Karawang Regency, this waters receives a lot of waste come from human activities. Waste contain a variety of chemical compounds that are toxic to marine biota. One of that compounds is Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). The purpose of this research is to know the content and sources of PAHs compounds in sediment in Pakis Jaya Waters. This research were carried out in March 2014. Sediment samples were taken by using a sediment sampler at 6 research stations. The content of PAH were determined using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), and the sources using individual ratio diagnose method. The results show that the content of PAHs in sediment in Pakis Jaya range from 0.113-0.862 ppm with average 0.370 ppm, this content still in lined with the safe threshold values for marine biota. Individual PAH dominated by high molecule weight PAHs. The results of PAHs ratio individual analysis showed that PAHs sources in sediment derived from a variety of sources such as; oil spill, oil combustion, and combustion of organic materials. To anticipate and reduce the level of PAHs pollution in sediment in Pakis Jaya waters, need to make efficiency in using of fossil fuel, reduce oil spill and combustion of oil and organic materials, and implementing of laws and sanctions against polluters.

Keywords : Pakis Jaya, Sediment, PAHs

Pendahuluan

Pakis Jaya adalah sebuah kecamatan di Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat, Indonesia, merupakan salah satu kecamatan hasil pemekaran dari Kecamatan Batu Jaya. Kecamatan Pakis Jaya berbatasan dengan Laut Jawa di utara, Kabupaten Bekasi di barat dan selatan, dan kecamatan Batu Jaya di timur. Pusat pemerintahan kecamatan ini terdapat di Desa Tanjung Bungin. Sebagian besar pendapatan masyarakatnya adalah dari bertani, berkebun dan wiraswasta. Pantai Tanjung Pakis terletak di Kabupaten Karawang Jawa Barat, tepatnya berada di Desa Tanjung Pakis, Kecamatan Pakis Jaya, kurang lebih sekitar 70 kilometer dari pusat Kota Karawang. Pantai ini memiliki potensi wisata bahari yang menjanjikan. Ini dapat dilihat dari banyaknya kunjungan wisatawan. Pada musim liburan, pantai ini dipenuhi pengunjung dari dalam dan luar Karawang. Khusus Desa Tanjung Pakis, sebagian besar penduduknya adalah nelayan, dan berdagang. Desa ini berbatasan langsung dengan Laut Jawa Pantai Utara. Transportasi yang biasa digunakan adalah melalui jalur darat dan laut. Jarak tempuh ke Jakarta bisa di lalui lewat laut, dengan jarak tempuh 1-2 jam.

Home industry yang terkenal di Kecamatan Pakis Jaya adalah konveksi celana Jeans, yang pemasarannya sudah menembus pasaran pulau-pulau di seluruh Nusantara, bahkan sampai ke Benua Afrika. Selain itu, makanan yang terkenal adalah Dodol China, Rengginang lebaran, Bika Pakis dan lain sebagainya.

Salah satu potensi terbesar di Kecamatan Pakis Jaya adalah pertanian, perkebunan, tambak ikan dan udang. Khusus tambak ikan, banyak dijumpai di sepanjang Desa Tanjung Pakis. Pantai Pakis Jaya ini dikelola oleh pemda dan masyarakat dengan baik sehingga kondisinya relatif bagus. Kecamatan Pakis Jaya, berbatasan dengan Kabupaten Bekasi, yang hanya dipisahkan oleh Sungai Citarum. Sungai Citarum menampung

berbagai macam limbah yang berasal dari berbagai kegiatan di Bekasi maupun Karawang, seperti limbah pertanian, industri, perkotaan, permukiman dan sebagainya. Menurut Eviondra (2014), kualitas air Sungai Citarum sudah masuk golongan D atau tidak layak minum akibat limbah industri, batu bara, dan rumah tangga. Hal ini diperkuat dengan hasil laboratorium dari Universitas Padjajaran (Unpad) Bandung yang telah melakukan riset serta beberapa LSM.

Limbah yang masuk ke pantai Pakis Jaya melalui DAS Citarum dapat menimbulkan pencemaran terhadap air laut dan sedimen, yang pada gilirannya akan berpengaruh pula terhadap kehidupan organisme laut. Limbah mengandung banyak bahan kimia yang bersifat racun salah satunya adalah senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH). Senyawa ini merupakan senyawa organik yang keberadaannya tersebar luas di alam, bentuknya terdiri dari beberapa rantai siklik aromatik dan bersifat hidrofobik, terdiri lebih dari 100 senyawa kimia yang berbeda yang terbentuk selama pembakaran yang tidak sempurna dari batubara, minyak dan gas, sampah, dan zat organik lainnya (T. E. McGrath *et al.*, 2007). Keberadaan PAH di alam dapat berasal dari dua sumber, yakni sumber alami dan sumber antropogenik. Sumber alami meliputi: kebakaran hutan dan padang rumput, rembesan minyak bumi, gunung berapi, tumbuhan yang berklorofil, jamur dan bakteri; sedangkan sumber antropogenik meliputi: minyak bumi, pembangkit tenaga listrik, insenerasi, pemanas rumah, batu bara, karbon hitam, aspal dan mesin-mesin pembakaran (Lah, 2011).

Kadar PAH yang berasal dari proses alami umumnya lebih rendah dari sumber antropogenik (Culotta *et al.*, 2006). PAH merupakan kontaminan yang sering dijumpai di laut (NRC, 2003). Kadar PAH dalam sedimen pantai, muara, dan dasar kontinen relatif tinggi dibandingkan dengan masukan antropogenik (Nikolaou *et al.*,

2009). Hung *et al.*, (2011) dalam penelitiannya di Laut Cina Timur melaporkan tingginya kadar PAH pada stasiun-stasiun yang berada dekat pantai. Senyawa PAH yang mengendap ke dasar perairan sangat beracun bagi organisme perairan.

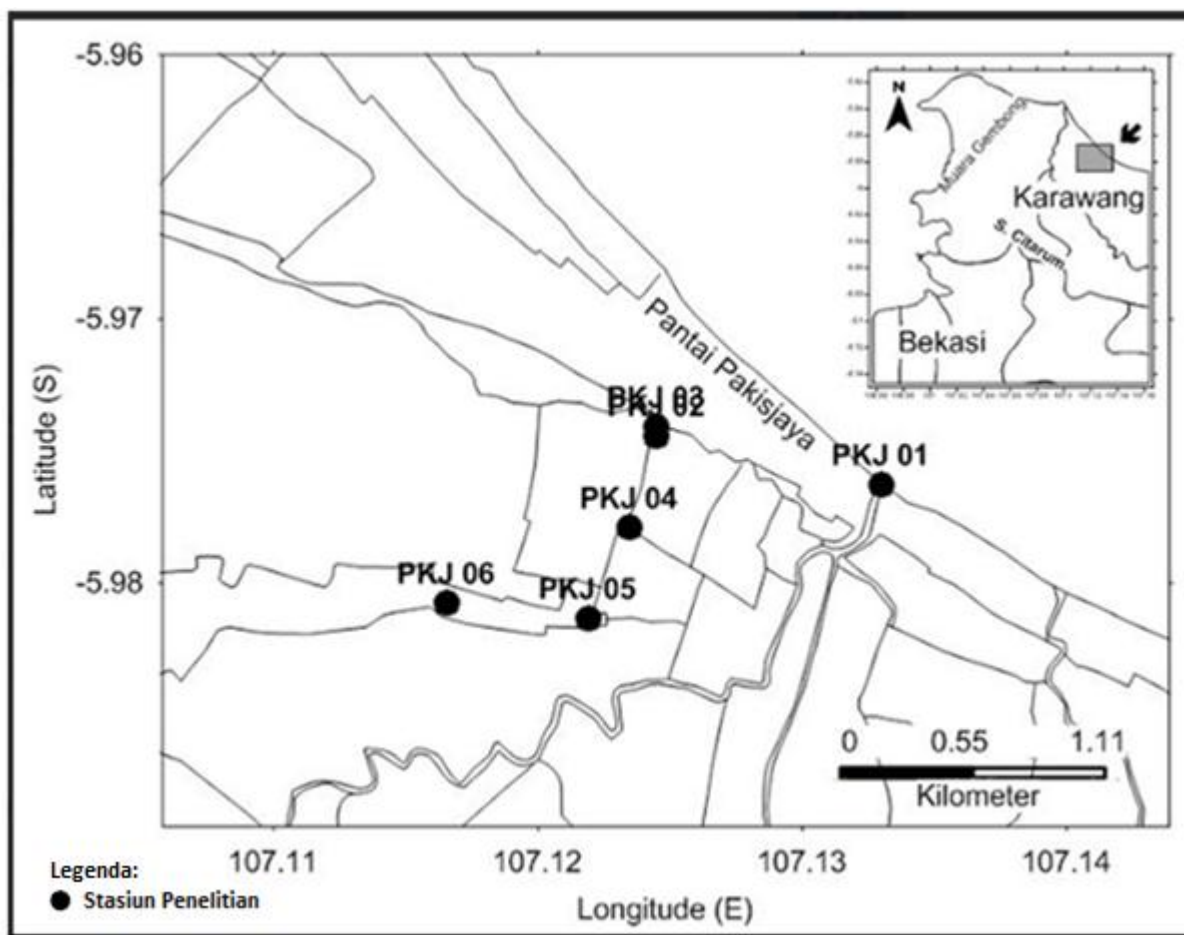
Banyak hasil penelitian menunjukkan bahwa PAH yang berasal dari kegiatan manusia dapat menyebabkan kanker dan efek mutagenik pada organisme (Zakaria dan Mahat, 2006). Senyawa PAH dapat terakumulasi dalam tubuh hewan tingkat rendah hingga mencapai kadar yang tinggi, karena sukar dicerna dalam tubuhnya. Falahuddin (2012) dan Agustine (2008) melaporkan adanya akumulasi senyawa PAH dalam kerang hijau yang hidup di Teluk Jakarta, namun kadarnya masih rendah sehingga belum berbahaya untuk dikonsumsi. Untuk mengetahui dampak negatif PAH terhadap kualitas sedimen dalam kaitannya untuk kepentingan biota laut di perairan Pakis Jaya, maka penelitian ini perlu dilakukan, sehingga dampak negatif yang mungkin muncul dapat diantisipasi sedini mungkin.

Penelitian ini mengkaji kadar dan sumber PAH dalam sedimen di perairan Pakis Jaya Kabupaten Karawang dalam kaitannya untuk kepentingan organisme perairan. Hasilnya diharapkan dapat memberikan informasi dan masukan kepada pihak yang berkepentingan dalam rangka pengelolaan perairan Pakis Jaya secara berkesinambungan.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2014 di Perairan Pakis Jaya, Kabupaten Karawang (Gambar 1). Penetapan posisi stasiun ditentukan dengan menggunakan GPS (*Geographic Position System*) dan pengambilan contoh dilakukan secara *purposive* sesuai dengan tujuan penelitian (Nazir, 1988). Contoh sedimen di ambil dengan menggunakan grab sedimen pada enam stasiun penelitian. Stasiun 2, 3, 4, 5,

dan 6 berada di daerah aliran Sungai Citarum, sedang Stasiun 1 di daerah muara. Selanjutnya contoh dimasukkan ke dalam botol berwarna gelap dan disimpan dalam *ice box*. Analisis PAH dalam sedimen dilakukan menurut metoda yang digunakan oleh Holden & Marsden (1969), Greve & Grevenstuk (1975), Duinker & Hillebrand (1985). Di laboratorium contoh sedimen ditimbang sebanyak ± 40 gram dan dipanaskan dalam oven selama 24 jam pada suhu 60°C. Contoh sedimen yang sudah dipanaskan dalam oven kemudian di haluskan dalam mortar dengan menambahkan Na₂SO₄, dan di ekstraksi dengan diklorometan (DCM) dalam soxhlet selama 8 jam. Hasil ekstraksi dipekatkan dengan rotarivapor sampai volume 1 ml. Kolom kromatografi disiapkan dengan cara memasukan *glasswool*, bubuk alumina SIGMA WB 5 Basic yang telah diekstraksi sebelumnya dengan DCM selama 8 jam. Kolom alumina dibersihkan lebih dahulu dengan DCM dan n-Heksan sebanyak 10 ml. Hasil pemekatan sebanyak 1 ml di *clean up* dengan cara dimasukkan ke dalam kolom alumina dengan mengalirkan 4% dietil eter dalam n-heksan sebanyak 14 ml dan dipekatkan kembali sampai volume 1 ml. Sebanyak 1 ml hasil *clean up* difraksinasi dengan kolom Silika MERCK 7754. Fraksi non polar (F1) didapat dengan mengalirkan n-heksana sebanyak 15 ml, tampung hasilnya 9,5 ml. Selanjutnya alirkan lagi 15 ml larutan 4% dietil eter dalam n-heksana, tampung hasilnya sebagai fraksi polar (F2). Lakukan pemekatan masing-masing fraksi dengan alat rotarivapor/microSnyder sampai volume 0,5-1,0 ml. Masukkan masing-masing ke dalam vial. Fraksi polar (F2) digunakan untuk analisa PAH. Kadar PAH diukur dengan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) Thermo Scientific. Standar PAH yang digunakan adalah QTM PAH MIX, standar ini mencakup semua jenis PAH (16 jenis PAH) yang diproduksi oleh SUPELCO-USA. Hasil pengukuran untuk PAH dalam µg/g (ppm).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Perairan Pakis Jaya (PKJ)

Fig. 1. Map of Study Area

Tabel 1. Metode Diagnosa Rasio Individu PAH (Yunker *et al.*, 2002).

Table 1. PAH Individual Ratio Diagnose Method (Yunker *et al.*, 2002)

Sumber Pencemar	Nilai Rasio							
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
Minyak	>10	<1	<0.2	<0.4	0,60,9	<0,1	<0,1	<0,2
Pembakaran	-	-	0,2-05	0,4-0,5	-	>0,1	-	-
Minyak								
Pembakaran	<10	>1	>0,5	>0,5	<0,2	0,1	>0,1	>0,35
Bahan Organik								
Campuran minyak dan pembakaran bahan organik	-	-	-	-	0,4-0,6	0,1	-	0,2-0,35

Sumber asal PAH di telusuri dengan menggunakan metode diagnose rasio (Yunker *et al.*, 2002). Metode diagnosa rasio dilakukan karena adanya perbedaan stabilitas termodinamika setiap senyawa PAH (Dominguez *et al.*, 2010). Ada beberapa rasio senyawa PAH yang digunakan yaitu: rasio Fenantrena/

Antrasena(D-1), Fluorantena/Pyrena(D-2), Indeno (123-cd) Pyrena/ (Indeno (123-cd) Pyrena + Benzo(ghi) Perylena) (D-3), Fluorantena/(Fluorantena+ Pyrena) (D-4), Benzo(a)Pyrena/(Benzo(a) Pyrena+ Chrysena) (D-5), Antrasena/ (Antrasena+ fenantrena)(D-6), Antrasena/178 (D-7) dan Benzo(a) Antrasena/228 (D-8). Data

dianalisis secara diskriptif analitis dengan membandingkan dengan hasil penelitian

yang lain dan baku mutu sedimen untuk biota perairan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran kadar senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) dalam sedimen disajikan pada Tabel 2. Dari tabel tersebut dapat dilihat kadar total PAH dengan Berat Molekul Rendah (BMR) berkisar 0,019-0,084 ppm. Kadar tertinggi dijumpai pada Stasiun PKJ1 dan terendah pada PKJ3. Data ini menunjukkan bahwa sedimen di St PKJ1 lebih

banyak mengakumulasi limbah yang mengandung PAH dibandingkan dengan stasiun lain. Demikian juga halnya bila dilihat dari jumlah jenis. Jumlah jenis PAH terbanyak dijumpai di Stasiun PKJ1 yakni 5 jenis dan terendah di Stasiun PKJ6 yakni 1 jenis. Senyawa Naftalena dan Acenaftilena tidak dijumpai di semua stasiun.

Tabel 2. Kadar Total PAH (ppm) dalam Sedimen di Perairan Pakis Jaya, Maret 2014
Table 2. PAH Total Concentration (ppm) in Sediment in Pakis Jaya, March 2014

No	PAH	St PKJ1	St PKJ2	St PKJ3	St PKJ4	St PKJ5	St PKJ6
Berat Molekul Rendah (BMR)							
1	Naftalena	ttd	ttd	Ttd	ttd	ttd	ttd
2	Acenaftilena	ttd	ttd	Ttd	ttd	ttd	ttd
3	2-BrNaftalena	0,017	0,017	0,017	0,018	ttd	ttd
4	Acenaftena	0,003	ttd	0,002	0,002	ttd	Ttd
5	Fluorena	0,017	ttd	Ttd	0,016	0,012	ttd
6	Fenanthrena	0,015	0,014	Ttd	0,013	0,013	0,030
7	Antrasena	0,032	ttd	Ttd	ttd	ttd	ttd
	Σ Kadar PAH BMR	0,084	0,031	0,019	0,049	0,025	0,030
	Jumlah Jenis	5	2	2	4	2	1
Berat Molekul Tinggi (BMT)							
8	Fluorantena	0,027	0,026	0,022	0,024	0,020	0,052
9	Pyrena	0,038	0,036	0,032	0,034	0,028	0,074
10	B(a)Antrasena*	ttd	ttd	Ttd	Ttd	0,694	ttd
11	Chrysena*	0,047	0,046	0,040	ttd	ttd	ttd
12	B(b)Fluorantena*	0,046	0,045	ttd	0,042	0,033	0,093
13	Benzo(a)Pyrena*	0,093	0,081	ttd	0,091	0,062	0,156
14	Indeno(123-cd)Pyrena	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
15	Dibenzo(ah)Antrasena*	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
16	Benzo(ghi)Pyrelena*	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
	Σ Kadar PAH BMT	0,251	0,234	0,094	0,191	0,837	0,375
	Jmh Jenis	5	5	3	4	5	4
	ΣTotal PAH	0,335	0,265	0,113	0,240	0,862	0,405
	BMR+BMT						
	PAH BMR/BMT	0,334	0,132	0,202	0,256	0,029	0,080

Ket: ttd (tidak terdeteksi), * (PAH Karsinogenik)

Kadar PAH dengan Berat Molekul Tinggi (BMT) berkisar 0,094-0,837 ppm. Kadar tertinggi dijumpai di Stasiun PKJ5 dan terendah di Stasiun PKJ1. Data ini menunjukkan bahwa Stasiun PKJ 5 lebih banyak menerima masukan limbah yang mengandung PAH dibandingkan dengan stasiun lain. Senyawa Indeno (123-cd) Pyrena, Dibenzo(ah)Antrasena, Benzo (ghi) Pyrelena tidak dijumpai di semua

stasiun. Kadar total PAH (BMR+BMT) berkisar 0,113-0,862 ppm (113-862 ppb). Nasher et al., (2013) membagi tingkat pencemaran PAH dalam tiga kategori (Tabel 3). Berdasarkan kategori tersebut, sedimen di perairan Pakis Jaya ini termasuk kategori tercemar sedang. Kadar total PAH ini masih lebih rendah bila dibandingkan dengan Teluk Jakarta. Kadar total PAH (BMR+BMT) di Teluk Jakarta pada bulan

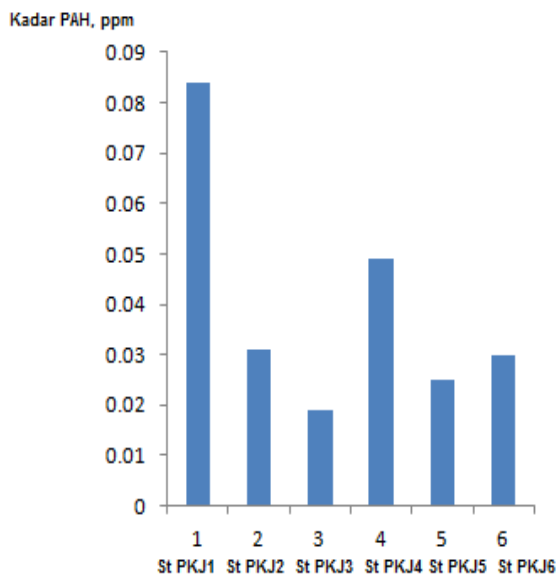
Maret 2011 dan 2013 masing-masing berkisar 67,92-252,25 ppm dan 119,976-605,928 ppm (Edward, 2011, 2013).

Tabel 3. Kriteria Tingkat Pencemaran PAH dalam Sedimen
Table 3. PAHs Pollution Level Criteria in Sediment

No	Kadar, ppb	Kriteria	Penelitian Ini
1	0-100	rendah	0,113-0,862
2	100-1000	Sedang	
3	1000-5000	tinggi	
4	>5000	Sangat Tinggi	

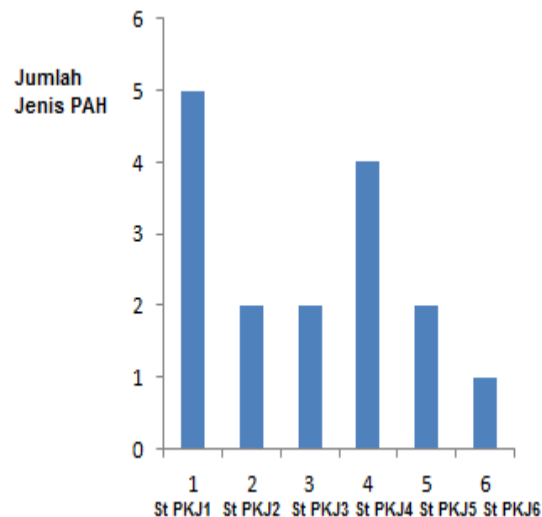
Data di atas menunjukkan bahwa sedimen di Perairan Pakis Jaya relatif lebih bersih dari cemaran PAH dibandingkan dengan Teluk Jakarta. Kadar total PAH di perairan Pakis Jaya ini lebih rendah bila dibandingkan dengan Nilai Ambang Batas yang aman untuk biota laut yakni 45 ppm (Simpson *et al.*, 2005) dan 1,684 ppm (Burton *et al.*, 2014). Dengan demikian

belum berbahaya bagi kehidupan biota laut. Rasio kadar PAH berat molekul rendah dengan PAH berat molekul tinggi di semua berturut-turut adalah 0,334, 0,132, 0,202, 0,256, 0,029, dan 0,080. Rasio ini <1, yang berarti bahwa secara umum PAH dalam sedimen berasal dari sumber pyrogenik (Moyo *et al.*, 2013).



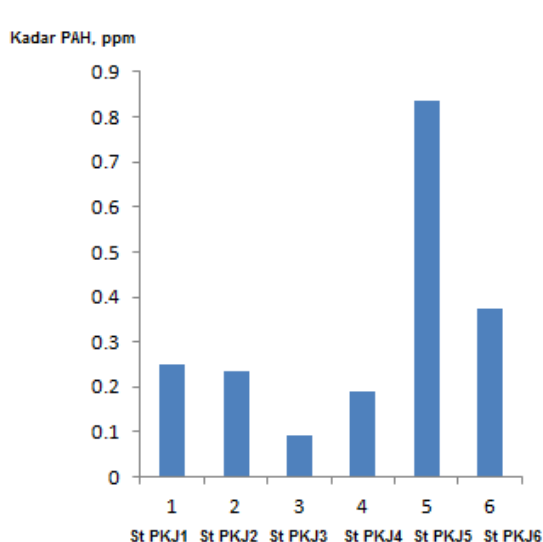
Gambar 2. Grafik Kadar Total PAH (BMR) di Setiap Stasiun

Fig. 2. Graph of PAH Total Level (BMR) in Each Station



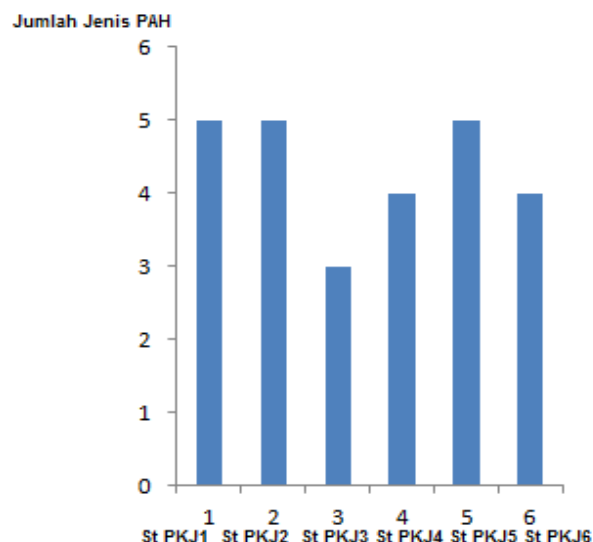
Gambar 3. Jumlah Jenis PAH (BMR) di Setiap Stasiun

Fig 3. Sum of PAH Type (BMR) in Each Station



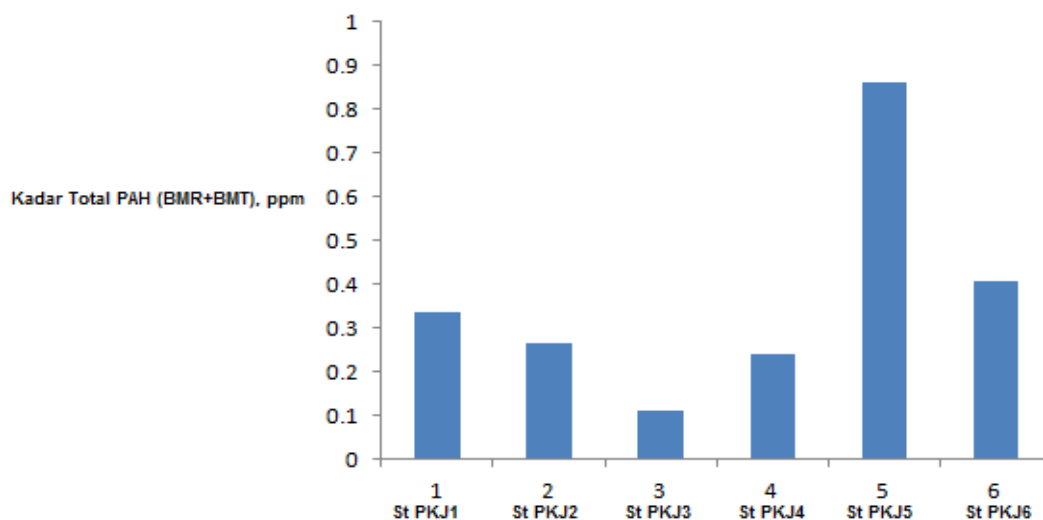
Gambar 4. Grafik Kadar Total PAH (BMT) di Setiap Stasiun

Fig. 4. Graph of PAH Total Level (BMT) in Each Station



Gambar 5. Jumlah Jenis PAH (BMT) di Setiap Stasiun

Fig 5. Sum of PAH Type (BMT) in Each Station



Gambar 6. Grafik Kadar Total PAH (BMR+BMT) di Setiap Stasiun

Fig. 6. Graph of PAH Total Level (BMR+BMT)) in Each Station

Sumber Asal Individual Senyawa PAH

Sumber asal senyawa kontaminasi PAH dalam suatu perairan dapat bersumber dari berbagai aktivitas, baik aktivitas alami (perembesan minyak, asap kebakaran hutan, letusan gunung berapi) ataupun sumber antropogenik (kegiatan industri, transportasi dan aktivitas rumah tangga) (Zakaria *et al.*, 2006). Molekul PAH dengan bobot molekul besar (PAH>3 cincin benzena) biasanya berasal dari

pembakaran tidak sempurna (pirogenik) sedangkan PAH dengan bobot molekul kecil (PAH dengan 2-3 cincin benzena) sangat dominan dalam produk petroleum (petrogenik) (Apeti *et al.*, 2010). Penelusuran sumber senyawa PAH dalam air laut dapat dilakukan dengan metode diagnosa rasio. Metode diagnosa rasio dilakukan karena adanya perbedaan stabilitas termodinamika setiap senyawa PAH (Dominguez *et al.*, 2010). Kadar dan jenis PAH di suatu perairan sangat

tergantung dari sumber asal PAH tersebut. Hasil diagnosis rasio kandungan individu senyawa PAH dalam sedimen di Perairan Pakis Jaya, Karawang disajikan pada Tabel 4. Dari tabel tersebut dapat dilihat nilai D1 berkisar 0,000-0,468 dengan rerata 0,078, nilai ini <10, yang berarti bahwa senyawa

PAH berasal dari pembakaran bahan atau senyawa organik, nilai D2 berkisar 0,687-0,722 dengan rerata 0,706, nilai ini >0,1, yang berarti bahwa senyawa PAH berasal dari pembakaran bahan organik, nilai D4 berkisar 0,407-0,419 dengan rerata 0,413

Tabel 4. Diagnosis Rasio Kandungan Individu PAH dalam Sedimen di Perairan Pakis Jaya, Karawang
Table 4. PAH Individual Content Ratio Diagnose in Sediment in Pakis Jaya, Karawang

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
	In(123-cd)P/ In(123-cd)P+B(ghi)P		B(a)P/ (B(a)P+Chr)		Ant/(Ant+Fe)		B(a)A/ 228	
St	Fe/Ant	Flu/Pyr	Flu/(Flu+Pyr)					
1	0,468	0,710	0,000	0,415	0,664	0,680	1,797	0,000
2	0,000	0,722	0,000	0,419	0,637	0,000	0,000	0,000
3	0,000	0,687	0,000	0,407	1	0,000	0,000	0,000
4	0,000	0,705	0,000	0,413	1	0,000	0,000	0,000
5	0,000	0,714	0,000	0,416	1	0,000	0,000	3,043
6	0,000	0,702	0,000	0,412	1	0,000	0,000	0,000
Min	0,000	0,687	0,000	0,407	0,637	0,000	0,000	0,000
Mak	0,468	0,722	0,000	0,419	1	0,680	1,797	3,043
Rerata	0,078	0,706	0,000	0,413	0,883	0,113	0,299	0,507
Kriteria	<10	<1	0,000	0,4-0,5	0,6-0,9	>0,1	>0,1	>0,35

, nilai ini berada pada kisaran 0,4-0,5 yang berarti bahwa sumber PAH berasal dari pembakaran minyak bumi, nilai D5 berkisar 0,637-0,664 dengan rerata 0,883. Nilai ini berada dalam kisaran 0,6-0,9 yang berarti bahwa sumber PAH berasal dari minyak bumi, nilai D6 berkisar 0,000-0,680 dengan rerata 0,113, nilai ini >0,1, yang berarti senyawa PAH berasal dari pembakaran bahan organik, dan D8 berkisar 0,000-3,043 dengan rerata 0,507, nilai ini > 0,35, yang berarti senyawa PAH berasal dari pembakaran bahan organik.

Hasil analisis rasio konsentrasi individu PAH di atas menunjukkan bahwa PAH yang terdapat dalam sedimen di perairan Pakis Jaya ini berasal dari berbagai sumber yakni minyak bumi, pembakaran minyak bumi, dan pembakaran bahan organik. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa jenis PAH yang banyak dijumpai umumnya berupa PAH dengan berat molekul tinggi (mengandung >4 cincin benzena) yakni Fluorantena, Pyrena, Chrysene, Benzo(b)Fluorantena dan Benzo(a)Pyrena, sedangkan PAH

dengan berat molekul rendah (mengandung 2-3 cincin benzena) relatif sedikit yakni 2-Br Naftalena, Acenaftena, Fluorena, Antrasena dan Fenantrena.

Risiko Ekologis PAH

Efek terhadap organisme selalu menjadi bahan pertimbangan sebagai indikator peringatan dini dari dampak yang potensi terhadap kesehatan manusia. Di Indonesia sampai saat ini belum ada standar lingkungan untuk PAH dalam sedimen. Oleh karena itu efek toksikologi dari polutan dalam penelitian ini secara kasar dievaluasi dengan menggunakan petunjuk yang dibuat oleh Environment Canada and Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (2007)(Tabel 4). Dari tabel tersebut dapat dilihat Fluorena telah melewati PEL untuk sedimen laut ($0,017 > 0,014$), demikian juga B(a)Ant telah melewati TEL dan PEL untuk sedimen air tawar dan laut ($0,694 > 0,032$, $0,075$, $0,390$, dan $0,690$), dan B(a)Pyrena telah melewati TEL untuk sedimen air tawar ($0,156 > 0,032$, $0,089$).

Dengan demikian ketiga senyawa ini perlu mendapat perhatian agar dampak negatif

yang ditimbulkannya dapat diantisipasi sedini mungkin.

Tabel 5. Kriteria Individual PAH dalam Sedimen/Lumpur (ppm)
Table 5. PAH Individual Criteria in Sediment/Mud (ppm)

No	PAH	Kriteria				Penelitian ini
		TEL		PEL		
		FWS	MWS	FWS	MWS	
1	Naftalena (Naf)	0.035	0.035	0.39	0.039	ttd
2	Acenaftylena (Any)	0.006	0.006	0.130	0.130	ttd
3	Acenaftena (Ace)	0.007	0.007	0.089	0.089	ttd-0.003
4	Fluorena (Fl)	0.021	0.021	0.140	0.014	ttd-0,017
5	Fenanthrena (Fe)	0.042	0.087	0.520	0.540	ttd-0,030
6	Antrasena (Ant)	0.047	0.047	0.240	0.240	ttd-0,032
7	Fluorantena (Flu)	0.110	0.110	2.400	1.5	0,020-0,052
8	Pyrena (Pyr)	0.053	0.150	0.880	1.4	0,028-0,074
9	Benzo(a)Antrasene (BaA)**	0.032	0.075	0.390	0.690	ttd-0,694
10	Chrysena (Chr)**	0.057	0.11	0.860	0.850	ttd-0,047
11	Benzo(b)Fluorantena (BbF)**	-	-	-	-	ttd-0,093
12	Benzo(a)Pyrena (BaP)**	0.032	0.089	0,780	0.760	ttd-0,156
13	Indeno(123-cd)Pyrena (InP)**	-	-	-	-	ttd
14	Dibenzo(ah)Antrasena (DBA)**	0.006	0.006	0.140	0.140	ttd
15	Benzo(ghi)Pyrelena (BgP)	-	-	-	-	ttd

**(PAH Karsinogenik), TEL (Threshold Effect Level), PEL (Probably Effect Level), FWS (Fresh Water Sediment), MWS (Marine Water Sediment).

Secara keseluruhan kadar total PAH dalam sedimen di perairan Pakis Jaya relatif masih rendah, namun demikian pencegahan terhadap pencemaran PAH harus tetap dilakukan, antara lain dengan efisiensi penggunaan bahan bakar minyak, pembakaran minyak dan bahan-organik (tumbuhan, batubara dan sebagainya), pembuangan limbah yang mengandung minyak bumi, dan meningkatkan penggunaan instalasi pengolahan limbah. Faktor penting lainnya adalah memperbaiki pengelolaan daerah aliran sungai khususnya Sungai Citarum yang bermuara ke Perairan Pakis Jaya, penataan ruang wilayah pesisir Kabupaten Karawang serta pengembangan instrumen peraturan dan ekonomi, pengembangan program kesadaran masyarakat yang berkesinambungan dan pemanfaatan sumberdaya sesuai dengan potensi lestariannya.

Pengelolaan DAS Citarum sebagai pembawa sumber bahan pencemar mutlak

diperlukan. Mengembalikan fungsi sungai, menata kembali daerah limpahan banjir, dan melarang pembangunan di bantaran sungai. Penanganan limbah dalam suatu institusi yang diberi kewenangan penuh. Buruknya penanganan sampah di Kabupaten Karawang dan daerah-daerah di sekitarnya juga menjadi salah satu sebab mengapa permasalahan sampah tidak pernah selesai dari tahun ke tahun. Selama ini penanganan limbah terkesan terpecah-pecah, ada tiga pembagian penanganan sampah yakni sampah yang berasal dari taman-taman ditangani oleh Dinas Pertamanan, sampah di pemukiman oleh Dinas Kebersihan dan sampah di sungai atau perairan menjadi tanggung jawab Dinas Pekerjaan Umum. Tumpang tindih tugas inilah yang menyebabkan masuknya sampah-sampah tersebut ke perairan laut. Segala upaya pengelolaan kawasan pesisir tidak akan ada artinya jika penanganan limbah di hilir dan sepanjang daerah aliran sungai tidak dikelola dengan baik. Dengan

demikian pemecahan permasalahan dalam pengelolaan kawasan perairan Pakis Jaya memerlukan pendekatan yang komprehensif dan terintegrasi serta dalam implementasinya perlu melibatkan seluruh stakeholders, baik pemerintah daerah, masyarakat maupun pelaku aktivitas ekonomi (pengusaha, nelayan, dan pihak lainnya). Pendekatan dalam pemecahan masalah ini pada prinsipnya dapat dilakukan melalui pendekatan ekosistem, ekonomi, sosial dan kelembagaan.

Simpulan

Berdasarkan data yang dikaji dapat disimpulkan bahwa sedimen di Perairan Pakis Jaya, Kabupaten Karawang termasuk kategori belum tercemar sampai tercemar sedang oleh senyawa PAH. Jenis PAH dalam sedimen di Perairan Pakis Jaya didominasi oleh senyawa PAH dengan berat molekul tinggi. PAH yang terdapat dalam sedimen di Perairan Pakis Jaya berasal dari berbagai sumber yakni tumpahan minyak bumi, pembakaran minyak bumi, dan pembakaran senyawa organik.

Untuk mengantisipasi pencemaran PAH di Perairan Pakis Jaya, perlu dilakukan efisiensi dalam penggunaan bahan bakar minyak, serta penerapan nyata aturan dan perundangan-undangan, pemberian sanksi, dan melakukan monitoring secara berkala dengan melibatkan semua institusi terkait, LSM dan masyarakat.

Daftar Pustaka

- Apeti, D.A., G.G. Lauenstein, J.D. Christensen, K. Kimbrough, W.E. Johnson, M. Kennedy, K.G. Grant. 2010. *A historical assessment of coastal contamination in Birch Harbor, Maine based on the analysis of mussels collected in the 1940s and the Mussel Watch Program*. Mar. Poll. Bull., In Press.
- Agustine, D. 2008. *Akumulasi Hidrokarbon Aromatik Polisiklik (PAH) dalam Kerang Hijau (Perna viridis L) Di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta*. Skripsi. Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB Bogor. 101 hal.
- Burton GA. 2014. *Sediment quality criteria in use around the world*. Limnology (3): 65–75.
- Culoot, L., C.D. Stefano, A. Gianguzza, M.R. Mannino, S. Groecchia. 2006. *The PAH composition of surface sediments from Stagnone coastal Lagoon, Marsala (Italy)*. Marine Chemistry 99. 117-127.
- Dominguez, C., S. K. Sarkar, A. Bhattacharya, M. Chatterjee, B.D. Bhattacharya, E. Jover, J. Albaiges, J.M. Bayona, Md.A. Alam, K.K. Satpathy. 2010. *Quantification and source identification of polycyclic aromatic hydrocarbons in core sediments from Sundarban Mangrove Wetland, India*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 59, 49-61
- Duinker, J.C and M.T.H. J. Hillebrand. 1978. Determination of selected organochlorine seawater. In: K. Grasshoff, M. Erhardt and K. Kremling (eds.) *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie. Weinheim: 290-304.
- Environment Canada and Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. 2007. *Criteria for the Assessment of Sediment Quality in Quebec and Application Frameworks: Prevention, Dredging and Remediation*. Canada. 53 p.
- Edward. 2011. *Kaji Mutu Senyawa Organik. Laporan Penelitian. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta*. 68 hal.
- Edward. 2013. *Kajian Kriteria Kualitas Air Laut melalui Monitoring Tingkat*

- Pencemaran dan Bioassay Senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) di Teluk Jakarta. Laporan Akhir Penelitian Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta:167 hal.*
- Eviondra. 2014. *Pencemaran air Sungai Citarum ancam operasional PLTA.* <http://www.Antaranews.com/berita/421631/pencemaran-air-sungai-citarum-ancam-operasional-plta>. Diakses Rabu 25 Februari 2015.
- Falahuddin, D dan Khosanah, M. 2011. *Pengukuran dan identifikasi sumber asal senyawa polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) dalam kerang hijau Perna viridis sp dari pasar Cilincing, Jakarta Utara.* *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 37(2): 295-307.
- Greve, P.V and W.B.F.Grevenstuk. 1975. A convenient small-scale cleanup method for extracts of fatty samples with basic alumina before GLC analysis on organochlorine pesticide residues. *Meded Faculty Land bouwved. Gent* 40 : 1115-1124.
- Hung, Chang-Chin., Gwo-Ching Gong., Fung-Chi Ko, Hung-Jen Lee, Hung-Yu Chen, Jian-Ming Wua., Min-Lan Hsu, Sen-Chueh Peng, Fan-Hua Nan, P.H. Santschi. 2011. *Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of the East China Sea and their relationship with carbonaceous materials.* *Marine Pollution Bulletin* 63:464–470.
- Holden, A.V and K. Marsden. 1969. Single stage clean-up of animal tissue extracts for organochlorine residue analysis. *Jour. Chromatography* 44 : 481-492.
- Lah, Katarina. 2011. *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons.* <http://toxipedia.org/display/toxipedia/Polycyclic+Aromatic+Hydrocarbons>. Rabu, Akses tanggal 12 September 2012.
- McGrath, T. E., J. B. Wooten, C. W. Geoffrey, M. R. Hajaligol. 2007. *Formation of polycyclic aromatic hydrocarbons from tobacco: the link between low temperature residual solid (char) and PAH formation.* *Food and Chemical Toxicology* 45(6): 1039–1050.
- Moyo Stanley., Rob McCrindle., Ntebogeng Mokgalaka., Jan Myburgh., and Munyaradzi Mujuru. 2013. *Source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from polluted rivers.* *Pure Appl. Chem.*, 85(12): 2175–2196.
- Nasher, E., Lee Yook Heng., Zuriati Zakaria., and Salmijah Surif. 2013. *Assessing the Ecological Risk of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments at Langkawi Island, Malaysia.* *The Scientific World Journal.* 11 p.
- National Research Council (NRC). 2003. *Oil in the sea III, inputs, fates, and effects.* *The National Academies Press. Washington, D.C.* 259 p
- Nikolaou, M. Kastopoulou., G. Lofrano, S. Meric. 2009. *Determination of PAHs in marine sediments: analytical methods and environmental concerns.* *Global NEST Journal* 11(4): 391-405.
- Simpson L Stuart., Graeme E Batley, Anthony A Chariton, Jenny L Stauber, Catherine K King, John C Chapman, Ross V Hyne, Sharyn A Gale, Anthony C Roach, William A Maher. 2005. *Handbook for Sediment Quality Assessment. Publish by Centre Environment Contamination Research. Csiro Bangor-NSW.* 126 p
- Nazir, M. 1988. *Metode Penelitian.* Penerbit Ghalia Indonesia, Jakarta: 597 hal.
- Yunker, M.B., R.W. Macdonald, R. Vingazan, R.H. Mitchell, D. Goyette, S. Sylvestre. 2002. *PAHs in the fraser river basin: a critical*

appraisal of PAH ratios as indicators of PAH sources and composition. Org. Geochem., 33: 489-515.

Zakaria, M.P., A.A. Mahat. 2006. Distibution of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) in sediments in the Langet Estuary. Coastal Marine Science 30 (1): 387-395